

Requested Patent JP2001127108A  
Title: SEMICONDUCTOR DEVICE ;  
Abstracted Patent JP2001127108 ;  
Publication Date: 2001-05-11 ;  
Inventor(s): TANAKA TADAYOSHI; KONO TADAYA; MIURA HIDEO ;  
Applicant(s): HITACHI LTD ;  
Application Number: JP19990302905 19991025 ;  
Priority Number(s): ;  
IPC Classification: H01L21/60; H01L21/56 ;  
Equivalents: ;

**ABSTRACT:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To materialize a semiconductor device capable of optimizing a soft layer of a wiring substrate forming a semiconductor device and mechanical property of a resin, and securing electric connection of an electric pad on the wiring substrate to a bump electrode with high reliability. **SOLUTION:** The bump electrode 3 is formed at an outer terminal 2 of an LSI chip. The LSI chip 1 is mounted on the wiring substrate 4 with an adhesive agent 6, and the bump electrode 3 is pressure bonded to the electrode pad 5 on the wiring substrate 4 for electric connection. A soft layer 7 is formed between the wiring substrate 4 and the electrode bump 5, and serves as a medium for bringing a plurality of bump electrodes into uniform contact with the electrode pad 5. As the coefficient  $\alpha$  of the adhesive agent (resin) is set to meet the relation  $\alpha$

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-127108

(P2001-127108A)

(43) 公開日 平成13年5月11日 (2001.5.11)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト <sup>7</sup> (参考)
H 0 1 L 21/60	3 1 1	H 0 1 L 21/60	3 1 1 S 5 F 0 4 4
		21/56	E 5 F 0 6 1
21/56		21/92	6 0 3 C

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平11-302905

(22) 出願日 平成11年10月25日 (1999. 10. 25)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 田中 直敏

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日

立製作所機械研究所内

(72) 発明者 河野 寛規

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日

立製作所機械研究所内

(74) 代理人 100077816

弁理士 春日 敏

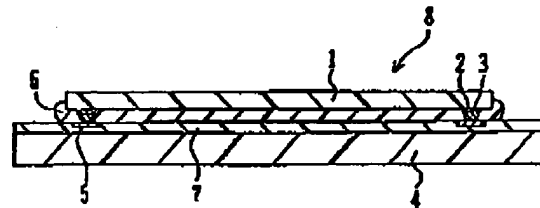
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置

(57) 【要約】

【課題】半導体装置を形成する配線基板の柔軟層と樹脂の機械的性質を適正化し、配線基板上の電極パッドとバンパ電極との電気的接続を高信頼度で確保できる半導体装置を実現する。

【解決手段】LSIチップ1の外部端子2にはバンパ電極3が形成されている。LSIチップ1は接着剤6を介して配線基板4に搭載され、バンパ電極3は配線基板4に形成された電極パッド5に圧接され電気的に接続されている。配線基板4と電極パッド5との間には柔軟層7が形成され、複数のバンパ電極3を均一に電極パッド5に接触させるための役割を果たしている。接着剤6（樹脂）の線膨張係数 $\alpha$ と、柔軟層7の線膨張係数 $E$ との関係を、 $\alpha \leq 1.110E^{-0.8876}$ を満たす関係としたのでバンパ電極3は使用温度範囲において圧縮力を保持することが可能となり電極パッド5とバンパ電極3との電気的接続を確保できる。



(2) 001-127108 (P2001-12) 8

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体集積回路が形成されたLSIチップがバンパ電極を介して、配線基板上の柔軟層に形成された電極パッドに電気的に接続され、かつ上記バンパ電極周辺が樹脂に覆われた半導体装置において、

上記樹脂の線膨張係数を $\alpha$  (ppm/°C)とし、上記配線基板上に形成された柔軟層の線膨張係数を $E$  (MPa)とすると、上記線膨張係数 $\alpha$ と、上記柔軟層の線膨張係数 $E$ とは、 $\alpha < 1.110E^{-0.3878}$  の関係を満たすことを特徴とする半導体装置。

【請求項2】 請求項1記載の半導体装置において、上記バンパ電極は、スタッドバンパ構造で形成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項3】 請求項1又は請求項2記載の半導体装置において、上記樹脂は異方性導電樹脂フィルムであることを特徴とする半導体装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体集積回路が形成されたLSIチップの外部端子が配線基板上の電極パッドにバンパ電極を介して電気的に接続された半導体装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、LSIチップを金属バンパ等で直接配線基板上に実装する、いわゆるフリップチップ実装と呼ばれる半導体装置では、LSIチップと配線基板間の熱膨張係数差により金属バンパ等に熱ひずみが発生し、金属バンパ等を疲労破壊させるという問題があった。

【0003】 この防止策として、LSIチップと配線基板と間隙部分にガラス等の微小な粒（一般にフィラーと称されるもの）を添加したエポキシ系の熱硬化性の樹脂を充填し、LSIチップと配線基板間の熱変形を拘束することで、金属バンパ等が発生する熱応力を低減し、金属バンパ等の接続信頼性を向上させるという方法（一般にアンダーフィル構造と称される実装方法）が知られている。

【0004】 しかしながら、この方法では、LSIチップを配線基板上に搭載した後に、樹脂を充填する工程が必要となるため、製造コストが高騰するという問題が生じる。このため、近年ではフリップチップアタッチ法（Flip Chip Attach、以下単にFCA法と記す）と称する、製造工程を簡便化した実装方法が注目されている。

【0005】 上記FCA法の一例としては、公開特許公報平10-270496号に記載された技術がある。上記公開特許公報では、LSIチップの外部端子上に形成されたバンパ電極を配線基板の電極パッドに圧接し、両者を電気的かつ機械的に接続している半導体装置の模式的断面図が示されている。

【0006】 具体的に説明すると、LSIチップの外部端子上に金からなるスタッドバンパ構造のバンパ電極を形成する。

【0007】 次に、配線基板の電極パッドとLSIチップの外部端子との間にバンパ電極が介在されるように、配線基板上に熱硬化性樹脂からなるフィルム状のシート接着剤を介してLSIチップを配置する。

【0008】 次に、LSIチップを熱圧着し、配線基板の電極パッドにバンパ電極を接続した状態で樹脂を硬化させる。室温状態に戻った樹脂には熱収縮力および熱硬化収縮力等が生じるためバンパ電極と配線基板の電極パッドとの間に圧縮力が生じる。この圧縮力によってバンパ電極は配線基板の電極パッドに圧接される。

【0009】 このFCA法は、上述したアンダーフィル構造とは異なり、配線基板の電極パッドとLSIチップの外部端子とをバンパ電極で固着しないので、配線基板とLSIチップとの線膨張係数差に起因する熱応力が金属バンパに生じることはない。

【0010】 また、配線基板の電極パッドにバンパ電極を接続する工程と、配線基板とLSIチップ間に樹脂を充填する工程とが同一工程でなされるために、製造コストが安価となる利点がある。

## 【0011】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、FCA法以前の半導体実装は、はんだによる実装が主流であり、その接続信頼性を評価する場合には、はんだが搭載されている半導体装置と、それを実装するための実装基板との線膨張係数差を如何に小さくするかが重要な因子であった。すなわち、はんだのせん断方向の変形による疲労破壊現象を防ぐような設計が行われてきた。

【0012】 しかしながら、FCA法による半導体の実装構造では、半導体装置に搭載された金バンパと実装基板側の端子との接触圧によって電気的な導通が保たれる。このため、FCA法以前のような基板の線膨張係数は、それほど重要ではなく、搭載する基板の剛性が設計上重要な因子となっている。

【0013】 さらに、金バンパの接触圧は、金バンパの周囲を充填している樹脂又は接着剤の厚さ方向の変形量に大きく依存するため、充填樹脂又は接着剤の線膨張係数が重要な設計因子となり、これまでとは、信頼性設計の思想が全く新しいものとなった。

【0014】 すなわち、FCA法では、配線基板とLSIチップ間に充填される樹脂は、一般的な高分子材料であることから、金属等によって形成されたバンパ電極よりも線膨張係数が大きい場合、熱圧着後に室温状態に戻した際にバンパ電極の先端に大きな圧縮力が生じ、バンパ電極先端が塑性変形をする。

【0015】 このため、電子装置等に搭載する際や、実際の稼働時に半導体装置が再度加熱されると、樹脂が熱膨張するため配線基板の電極パッドとバンパ電極間との

(3) 001-127108 (P2001-12) 8

間に隙間が生じ、電気的導通不良が生じる恐れがある。

【0016】そこで、本発明者は、上述したFCA法について、配線基板上の電極パッドとパンプ電極との接触界面に常時圧縮力が作用し、界面に隙間が生じないような半導体装置の構造について検討した。

【0017】その結果、本発明等は、配線基板の電極パッドとパンプ電極との界面における圧縮力確保には、配線基板上に形成された柔軟層の縦弾性係数と樹脂の線膨張係数とが大きく関係していることを明らかにした。

【0018】本発明の目的は、半導体装置を形成する配線基板の柔軟層と樹脂の機械的性質を適正化し、配線基板上の電極パッドとパンプ電極との電気的接続を高信頼度で確保できる半導体装置を実現することである。

【0019】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明は次のように構成される。

(1) 半導体集積回路が形成されたLSIチップがパンプ電極を介して、配線基板上の柔軟層に形成された電極パッドに電気的に接続され、かつ上記パンプ電極周辺が樹脂に覆われた半導体装置において、上記樹脂の線膨張係数を $\alpha$  (ppm/°C)とし、上記配線基板上に形成された柔軟層の縦弾性係数を $E$  (MPa)とすると、上記線膨張係数 $\alpha$ と、上記柔軟層の縦弾性係数 $E$ とは、 $\alpha < 1110E^{-0.3876}$  の関係を満たす。

【0020】(2) 好ましくは、上記(1)において、上記パンプ電極は、スタッドパンプ構造で形成されている。

【0021】(3) また、好ましくは、上記(1)又は(2)において、上記樹脂は異方性導電樹脂フィルムである。

【0022】樹脂の線膨張係数 $\alpha$ と、柔軟層の縦弾性係数 $E$ との関係を、 $\alpha < 1110E^{-0.3876}$  を満たす関係とすれば、パンプ電極は、使用温度範囲において圧縮力を保持することが可能となる。

【0023】したがって、半導体装置を形成する配線基板の柔軟層と樹脂の機械的性質を適正化し、配線基板上の電極パッドとパンプ電極との電気的接続を高信頼度で確保できる半導体装置を実現することができる。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態について、図面を参照して説明する。図1は、本発明の一実施形態である半導体装置の模式的断面図である。図1において、半導体集積回路が形成されたLSIチップ1の外部端子2には、スタッドパンプ構造(ボンディングワイヤ方式によるパンプ構造)のパンプ電極3が形成されている。パンプ電極3は、例えば、金(Au)等の金属材料を用いると、従来から使用されているワイヤボンディング技術を活用したボールボンディング技術により形成可能となるため生産性に優れている。

【0025】LSIチップ1は、接着剤(樹脂)6を介

在して配線基板4に搭載されているが、その際、LSIチップ1の外部端子2上に形成されたパンプ電極3は、配線基板4上に形成された電極パッド5に圧接され電気的に接続されている。したがって、パンプ電極3の周辺は、接着剤(樹脂)6に覆われている。配線基板4は、例えば、ガラス繊維にエポキシ樹脂またはポリイミド樹脂を浸透させた一般的な樹脂基板等を用いれば、生産コストの面で有利である。

【0026】また、接着剤6の材料としては、例えば、比較的に入手が容易なエポキシ系の熱硬化性樹脂を用いることにより生産コストの抑制が可能となり、場合によっては、例えば、ニッケル(Ni)等の導電性の微小粒子(またはフィラーと称す)を混入させる異方性導電樹脂フィルムを用いることにより、機械的かつ電気的な接続の信頼性向上が可能である。

【0027】また、配線基板4と電極パッド5との間には柔軟層7が形成されており、複数個形成されたパンプ電極3を均一に電極パッド5に接触させるための役割を果たしている。この柔軟層7は、例えば、エポキシ系の低弾性樹脂により形成されている。また、電極パッド5は、例えば、銅(Cu)膜で形成されている。

【0028】本発明者は、図1に示した半導体装置8の製造過程から信頼度試験までの半導体装置8に加わる外力および温度変化による、パンプ電極3と電極パッド5との接触界面に働く圧縮力の変化を有限要素法解析により求めた。

【0029】図2に、本発明者が上述した半導体装置8の有限要素法解析に用いた荷重および温度条件を示す。解析ステップ10までは、LSIチップ1を配線基板4に接着剤6を介して熱圧着する過程である。この熱圧着過程においては、温度は180°C一定として、LSIチップ1に加わる荷重は6ステップまでが荷重、6から10ステップまでが除荷である。

【0030】その後、10ステップから27ステップまでが室温状態までの冷却過程と温度サイクル試験、および半導体装置8を例えば電子装置等の基板に搭載する際の再加熱時を模擬した温度変化過程である。温度サイクル試験は、一般的に行われている信頼度試験であり、この例においては、温度範囲は55~125°Cである。

【0031】また、半導体装置8を、例えば、電子装置などの基板に搭載する際の再加熱時の最高温度は、半導体装置8を例えばPb-Sn系の組成金属材料を用いたボール形状のパンプで電気的かつ機械的に接続するための溶融温度である210°Cとした。

【0032】図3及び図4には、本発明者が、図1に示した半導体装置8を図2に示した荷重及び温度条件に従って有限要素法解析を実施した結果求められた、パンプ電極3と電極パッド5との接触界面に働く界面垂直方向応力 $\sigma$ の変化を示す。

【0033】図3は、柔軟層7の縦弾性係数 $E$ を4種類

(4) 001-127108 (P2001-12) 8

( $B=6000\text{MPa}$ 、 $J=3000\text{MPa}$ 、 $1000\text{MPa}$ 、 $600\text{MPa}$ )に変化した場合の影響を示し、図4は、接着剤(樹脂)6の線膨張係数 $\alpha$ を3種類( $B=90\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 、 $J=50\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 、 $H=30\text{ppm}/^\circ\text{C}$ )に変化した場合の影響を示す。

【0034】また、縦弾性係数 $E$ および線膨張係数 $\alpha$ の組み合わせの変化範囲は、図5に示すとおり、 $E$ が $6000\text{MPa}$ で $\alpha$ を $90$ 、 $50$ 、 $30\text{ppm}/^\circ\text{C}$ とした場合をA1、A2、A3、 $E$ が $3000\text{MPa}$ で $\alpha$ を $90$ 、 $50$ 、 $30\text{ppm}/^\circ\text{C}$ とした場合をB1、B2、B3、 $E$ が $1000\text{MPa}$ で $\alpha$ を $90$ 、 $50$ 、 $30\text{ppm}/^\circ\text{C}$ とした場合をC1、C2、C3、 $E$ が $600\text{MPa}$ で $\alpha$ を $90$ 、 $50$ 、 $30\text{ppm}/^\circ\text{C}$ とした場合をD1、D2、D3とした。

【0035】縦弾性係数 $E$ は、上述したように、ガラス繊維にエポキシ樹脂またはポリイミド樹脂を浸透させることにより実現可能な値であり、線膨張係数 $\alpha$ の範囲に関しても、エポキシ系の熱硬化性樹脂を主体として微少なニッケルフィラーを混入させることにより実現可能な値である。

【0036】図3及び図4から、パンパ電極3と電極パッド5との接触界面に働く界面垂直応力 $\sigma$ (MPa)は、 $E$ および $\alpha$ の影響を熱圧着後の温度変化の過程で大きく受けており、特に、高温状態においては顕著に差が生じて、これらいくつかの材料物性の中には引張応力(図3及び図4の正側の界面垂直方向応力)に転じている場合もある。

【0037】このことから、パンパ電極3と電極パッド5との接触を高信頼度で確保するには、高温状態においても接触界面に圧縮応力が働いている必要がある。

【0038】以上の結果から、図6に高温状態(本実施例では $210^\circ\text{C}$ )における、パンパ電極3と電極パッド5との界面に生じる界面垂直方向応力 $\sigma$ と接着剤6の線膨張係数 $\alpha$ の関係を、柔軟層7の縦弾性係数 $E$ ( $600\text{MPa}$ 、 $1000\text{MPa}$ 、 $3000\text{MPa}$ 、 $6000\text{MPa}$ )で整理した結果を示す。

【0039】この図6から、常時、パンパ電極3と電極パッド5との界面に圧縮応力を働かせるには、図6の斜線部(つまり $\sigma < 0$ )となるような線膨張係数 $\alpha$ と縦弾性係数 $E$ とを有する接着剤6と柔軟層7を用いればよいことがわかる。

【0040】つまり、図6の各近似曲線において、パンパ電極3の界面の垂直方向応力 $\sigma$ が0になるときの樹脂6の線膨張係数 $\alpha$ が、信頼性を確保するための上限値となる。そこで、柔軟層7の縦弾性係数 $E$ を変化させた場合の、4本の近似曲線それぞれについて、垂直方向応力 $\sigma$ が0になる接着剤6の線膨張係数 $\alpha$ を算出し、パンパ電極3の垂直方向応力 $\sigma$ が0になるときの、柔軟層7の縦弾性係数(ヤング率) $E$ と接着剤6の線膨張係数 $\alpha$ との関係を定式化した。

【0041】定式化した関係( $\alpha$ 、 $E$ 共に対数表示)を図7に示す。図7より接着剤6(樹脂)の線膨張係数 $\alpha$ と、柔軟層7の縦弾性係数 $E$ との関係が以下の関係式(1)を満たす場合(つまり、図7の直線より下の領域となると)に、パンパ電極3は、使用温度範囲において、圧縮力を保持することが可能となる。

$$\alpha \leq 1110E^{-0.3876} \quad \text{--- (1)}$$

例えば、実装基板の柔軟層7のガラス転移温度以下の平均的な弾性係数が $1500\text{MPa}$ 程度の場合には、少なくとも樹脂又は接着剤6の平均的な線膨張係数は、 $65\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 以下の材料を使用する必要があることを意味している。

【0042】なお、式(1)で定義する樹脂の線膨張係数 $\alpha$ は、室温から実装温度(例えば約 $150^\circ\text{C}$ から約 $250^\circ\text{C}$ の間)までの同材料の伸び変形量(膨張量)から平均的に算出した値とする。柔軟層7の縦弾性係数 $E$ も同様に室温から実装温度間の平均値とする。

【0043】以上のように、本発明の一実施形態によれば、接着剤6(樹脂)の線膨張係数 $\alpha$ と、柔軟層7の縦弾性係数 $E$ との関係を、 $\alpha \leq 1110E^{-0.3876}$ を満たす関係としたので、パンパ電極3は、使用温度範囲において、圧縮力を保持することが可能となる。

【0044】したがって、半導体装置を形成する配線基板の柔軟層と樹脂の機械的性質を適正化し、配線基板上の電極パッドとパンパ電極との電気的接続を高信頼度で確保できる半導体装置を実現することができる。

【0045】なお、上述した例においては、パンパ電極3をスタッドパンパ構造としたが、これに限らず、例えば、メッキパンパ構造のパンパ電極にも適用可能である。

【0046】

【発明の効果】本発明では、半導体集積回路が形成してなるLSIチップが接着剤によって実装表面に柔軟層が形成された配線基板上にフリップチップ実装され、かつLSIチップの外部端子が配線基板上の電極パッドにパンパ電極を介して電気的に接続された半導体装置において、接着剤の線膨張係数 $\alpha$ と、柔軟層の縦弾性係数 $E$ との関係を、 $\alpha \leq 1110E^{-0.3876}$ を満たす関係としたので、パンパ電極は、使用温度範囲において、圧縮力を保持することが可能となる。

【0047】したがって、半導体装置を形成する配線基板の柔軟層と樹脂の機械的性質を適正化し、配線基板上の電極パッドとパンパ電極との電気的接続を高信頼度で確保できる半導体装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態である半導体装置の模式的断面図である。

【図2】本発明の一実施形態である半導体装置の有限要素法解析に用いた荷重および温度条件を示す図である。

【図3】本発明の一実施形態である半導体装置における

(5) 001-127108 (P2001-12) 8

パンプ電極と電極パッドとの接触界面に働く界面垂直方向応力への柔軟層の縦弾性係数の影響を示す図である。

【図4】本発明の一実施形態である半導体装置におけるパンプ電極と電極パッドとの接触界面に働く界面垂直方向応力への接着剤の線膨張係数の影響を示す図である。

【図5】本発明の一実施形態である半導体装置の有限要素法解析に用いた柔軟層の縦弾性係数と接着剤の線膨張係数を示す図である。

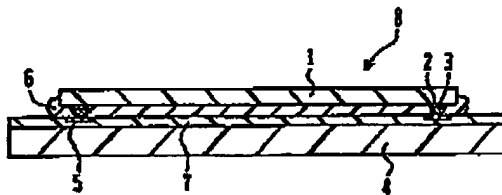
【図6】本発明の一実施形態である半導体装置における高温状態でのパンプ電極と電極パッドとの界面に生じる界面垂直方向応力と接着剤の線膨張係数との関係を柔軟層の縦弾性係数で整理した結果を示す図である。

【図7】本発明である半導体装置の柔軟層の縦弾性係数と接着剤の線膨張係数と関係を示す図である。

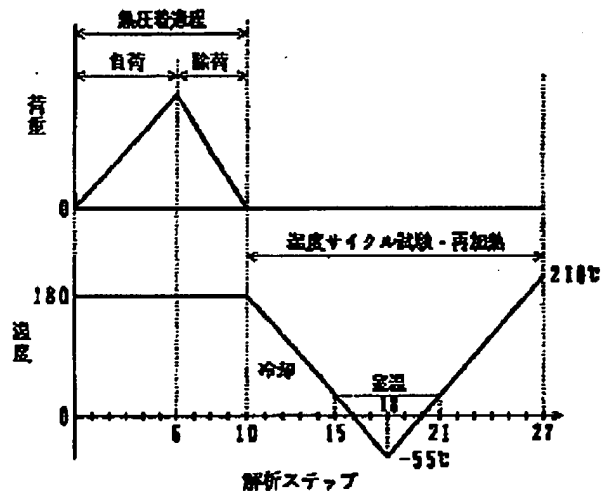
【符号の説明】

- 1 LSIチップ
- 2 外部端子
- 3 パンプ電極
- 4 配線基板
- 5 電極パッド
- 6 樹脂（接着剤）
- 7 柔軟層
- 8 半導体装置

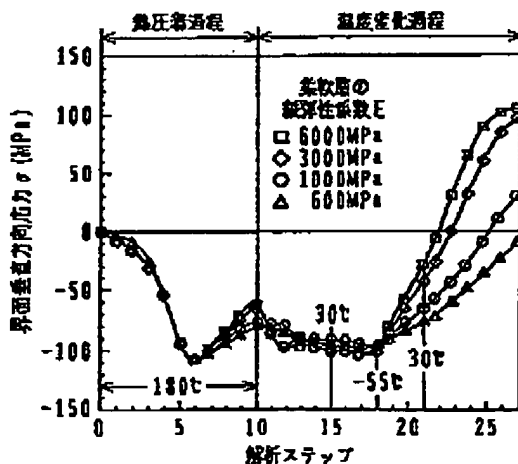
【図1】



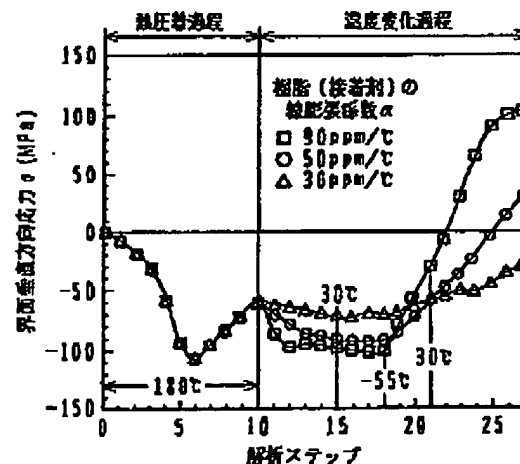
【図2】



【図3】



【図4】

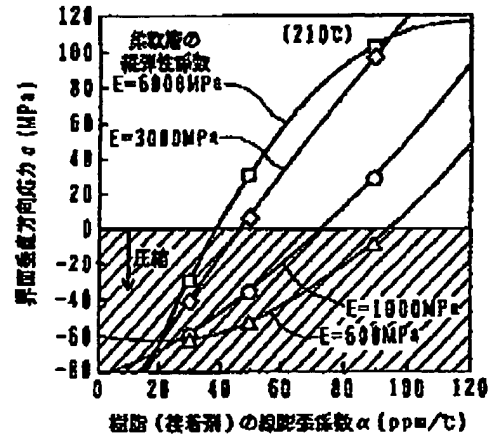


(6) 001-127108 (P2001-12) 8

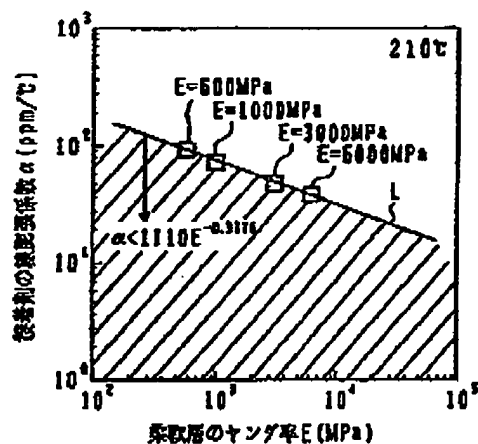
【図5】

記号	接着剤の 膨張係数 $\alpha$ (ppm/°C)	基材層の 弾性係数 E (MPa)
A1	90	6000
A2	50	6000
A3	30	6000
B1	90	3000
B2	50	3000
B3	30	3000
C1	90	1000
C2	50	1000
C3	30	1000
D1	90	600
D2	50	600
D3	30	600

【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 三浦 英生  
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日  
立製作所機械研究所内

Fターム(参考) 5F044 KK02 LL09 QQ04  
5F061 AA01 BA04 CA05

(19)

(11) Publication number:

**2001127108 A**

Generated Document.

**PATENT ABSTRACTS OF JAPAN**

&lt;ABLE BORDER=0 WIDTH=780

(21) Application number:

**11302905**

(51) Intl. Cl.:

**H01L 21/60 H01L 21/56**

(22) Application date:

**25.10.99**

(30) Priority:

(43) Date of application publication:

**11.05.01**

(84) Designated contracting states:

(71) Applicant:

**HITACHI LTD**

(72) Inventor:

**TANAKA TADAYOSHI  
KONO TADAYA  
MIURA HIDEO**

(74) Representative:

**(54) SEMICONDUCTOR DEVICE**



**(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To materialize a semiconductor device capable of optimizing a soft layer of a wiring substrate forming a semiconductor device and mechanical property of a resin, and securing electric connection of an electric pad on the wiring substrate to a bump electrode with high reliability.

**SOLUTION:** The bump electrode 3 is formed at an outer terminal 2 of an LSI chip. The LSI chip 1 is mounted on the wiring substrate 4 with an adhesive agent 6, and the bump electrode 3 is pressure bonded to the electrode pad 5 on the wiring substrate 4 for electric connection. A soft layer 7 is formed between the wiring substrate 4 and the electrode bump 5, and serves as a medium for bringing a plurality of bump electrodes into uniform contact with the electrode pad 5. As the coefficient  $\alpha$  of the adhesive agent (resin) is set to meet the relation  $\alpha \leq 1.110E-0.3876$  with respect to a modulus of longitudinal elasticity, the bump electrode 3 can maintain compressive force within category temperature range, and the electrode pad can secure electric connection to the bump electrode 3.

**COPYRIGHT:** (C)2001,JPO

**Abstract Drawing**